

# jTEP

## JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 4, No. 2, Oktober 2016



Publikasi Resmi  
**Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia**  
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)  
bekerjasama dengan  
**Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA**  
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) merupakan publikasi resmi Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA). JTEP terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. Sehubungan dengan banyaknya naskah yang diterima redaksi, maka sejak edisi volume 4 No. 1 tahun 2016 redaksi telah meningkatkan jumlah naskah dari 10 naskah menjadi 15 naskah untuk setiap nomor penerbitan, tentunya dengan tidak menurunkan kualitas naskah yang dipublikasikan. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Jurnal ini diterbitkan dua kali setahun baik dalam edisi cetak maupun edisi *online*. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain: teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energy alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

**Penanggungjawab:**

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia  
Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

**Dewan Redaksi:**

Ketua : Wawan Hermawan (Institut Pertanian Bogor)  
Anggota : Asep Sapei (Institut Pertanian Bogor)  
Kudang B. Seminar (Institut Pertanian Bogor)  
Daniel Saputra (Universitas Sriwijaya, Palembang)  
Bambang Purwantana (Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta)  
Y. Aris Purwanto (Institut Pertanian Bogor)  
M. Faiz Syuaib (Institut Pertanian Bogor)  
Salengke (Universitas Hasanuddin, Makasar)  
Anom S. Wijaya (Universitas Udayana, Denpasar)

**Redaksi Pelaksana:**

Ketua : Rokhani Hasbullah  
Sekretaris : Lenny Saulia  
Bendahara : Hanim Zuhrotul Amanah  
Anggota : Usman Ahmad  
Dyah Wulandani  
Satyanto K. Saptomo  
Slamet Widodo  
Liyantono  
Sekretaris : Diana Nursolehat

**Penerbit:** Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

**Alamat:** Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Darmaga, Bogor 16680.  
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,  
E-mail: [jtep@ipb.ac.id](mailto:jtep@ipb.ac.id) atau [jurnaltep@yahoo.com](mailto:jurnaltep@yahoo.com)  
Website: [web.ipb.ac.id/~jtep](http://web.ipb.ac.id/~jtep) atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

**Rekening:** BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

**Percetakan:** PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

---

## Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah (*me-review*) Naskah pada penerbitan Vol. 4 No. 2 Oktober 2016. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Thamrin Latief, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Ade M. Kramadibrata, (Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran), Prof.Dr.Ir. Bambang Purwanto, MS (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Tineke Madang, MS (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Budi Indra Setiawan (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Siswoyo Soekarno, M.Eng (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya), Dr.Ir. Nugroho Triwaskito, MP (Prodi. Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Muhammadiyah Malang), Dr.Ir. Lady Corrie Ch Emma Lengkey, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi), Dr.Ir. Andasuryani, S.TP, M.Si. (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas), Dr. Yazid Ismi Intara, SP.,M.Si. (Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman), Dr. Ir. Supratomo, DEA (Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin), Dr. Suhardi, STP.,MP (Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin), Dr.Ir. Desrial, M.Eng (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Dewa Made Subrata, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Lilik Pujantoro, M.Agr (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Wayan Budiastira, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Dyah Wulandani, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Leopold O. Nelwan, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Gatot Pramuhadi, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Sugiarto (Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Ir. M. Yanuar J. Purwanto, MS (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Chusnul Arief, STP., MS (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Yudi Chadirin, STP.,M.Agr (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor).

*Technical Paper*

## Desain dan Kinerja Sistem Pneumatik untuk Penabur Pupuk Tanaman Sawit Muda

### *Design and Performance of Pneumatic System for Young Oil Palm Fertilizer Spreader*

Muqroob Tajalli, Program Studi. Teknik Pertanian dan Pangan, Institut Pertanian Bogor  
Email: muqroob.tajalli@gmail.com

Wawan Hermawan, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.  
Email: w\_hermawan@ipb.ac.id

Radite Praeko Agus Setiawan, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.  
Email: iwan\_radit@yahoo.com

#### **Abstract**

*Current Mechanical fertilizer applicators using centrifugal spreading system could not be applied to young palm oil trees (under 5 years old) and hence needed to be modified. The research was to design a fertilizer spreading system, using a pneumatic system. The design used a positive type pneumatic pressure to blow the granular fertilizer out of the metering device to the soil surface around the tree. The metering device was designed to deliver the fertilizer in several application rates, i.e.: 0.25, 0.75, 1.0, 1.25, and 1.5 kg/tree. Based on pressure drop analysis the pneumatic system needed a power of 0.71 kW, where the blower should be rotated at 3000 rpm to produce an air flow of  $\pm 0.3375 \text{ m}^3/\text{s}$ . A This prototipe spreader was tested in the field at 0.55 and 1.7 m/s forward speed one at a time. Test results showed that the spreader could deliver the fertilizer to the targetted area around the palm oil trees with an accurate application rate. However, the distribution of the fertilizer was relatively low at a range of coefficient of variance of 0.47-0.77.*

**Keyword:** Fertilizer applicator, pneumatic system, spreader, young oil palm

#### **Abstrak**

Mesin pemupuk yang menggunakan mekanisme gaya sentrifugal, perlu dimodifikasi, karena tidak dapat diaplikasikan untuk memupuk tanaman kelapa sawit belum menghasilkan (di bawah 5 tahun). Penelitian ini dilakukan dengan merancang sistem penabur pupuk, menggunakan sistem pneumatik, dimana Penjatah pupuk didesain untuk menghembuskan pupuk pada beberapa dosis pemupukan, yaitu: 0.25, 0.75, 1.0, 1.25 dan 1.5 kg/tanaman. Berdasarkan analisis kehilangan tekanan, sistem pneumatik ini membutuhkan daya 0.71 kW pada putaran *blower* 3000 rpm yang menghasilkan aliran udara sebesar  $\pm 0.3375 \text{ m}^3/\text{s}$ . Prototipe penabur pupuk ini telah diuji di lapang pada kecepatan maju 0.55 m/s dan 1.7 m/s. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penabur pupuk ini dapat menghembuskan pupuk ke sasaran di sekitar tanaman kelapa sawit dengan laju pemupukan yang akurat. Namun, sebaran pupuk relatif rendah dengan koefisien ragam antara 0.47 - 0.77.

**Kata kunci:** Mesin pemupuk, sistem pneumatik, penebar, kelapa sawit muda

*Diterima: 08 Desember 2015; Disetujui: 13 Mei 2016*

#### **Pendahuluan**

Industri kelapa sawit merupakan komoditas penting dalam pembangunan ekonomi nasional. Selain sebagai penampung tenaga kerja yang besar, industri kelapa sawit menyumbang sebagian besar devisa negara. Indonesia merupakan salah satu produsen utama minyak sawit dunia. Hal ini terlihat dari total luas lahan perkebunan kelapa sawit

di Indonesia yang mencapai 34.18 % dari total luas lahan perkebunan kelapa sawit dunia. Pencapaian produksi rata-rata kelapa sawit Indonesia tahun 2004 - 2008 tercatat sebesar 75.54 juta ton tandan buah segar (TBS) atau 40.26 % dari total produksi kelapa sawit dunia (Fauzi *et al.* 2012).

Produktivitas yang telah dicapai oleh perkebunan sawit di Indonesia saat ini harus ditingkatkan dan dipertahankan dengan suatu pengelolaan yang

baik seperti kegiatan pemeliharaan tanaman kelapa sawit. Salah satu kegiatan dalam pemeliharaan yang memerlukan pengelolaan lebih lanjut adalah kegiatan pemupukan. Pemupukan merupakan suatu upaya untuk menyediakan unsur hara yang cukup guna mendorong pertumbuhan vegetatif tanaman. Permasalahan yang sering terjadi di perkebunan kelapa sawit dalam kegiatan pemupukan adalah ketidaksesuaian dosis aplikasi dengan rekomendasi, waktu dan cara aplikasi, dan faktor pendukung yang lain tidak terkondisikan (Ridawati 2002). Pemupukan dapat dilakukan dengan dua cara antara lain pemupukan manual dan pemupukan secara mekanis dengan *power spreader*.

Pemupukan manual menghasilkan aplikasi pupuk yang beragam dan membutuhkan tenaga kerja yang banyak. Hal ini merupakan masalah yang terjadi setiap tahun. Pemupukan manual yang pernah dilakukan tidak mampu mencapai suatu hasil yang maksimal sehingga masih terdapat kekurangan yang harus diperbaiki seperti pengujian alat dan kalibrasi dosis pupuk harus sesuai dan tepat dosis, aplikasi pemupukan harus benar dan tepat sasaran, pengawasan pekerjaan pemupukan harus intensif dan efektif, serta kualitas pemupukan harus mencapai mutu hasil yang lebih baik.

Mesin pemupuk kelapa sawit yang biasa disebut dengan mesin penebar pupuk (*power spreader*) (Cunningham dan Chao 1967) merupakan salah satu mesin pemupuk yang banyak digunakan di beberapa perkebunan kelapa sawit. Namun demikian belum ada mesin pemupuk yang khusus dirancang untuk kelapa sawit muda atau tanaman belum menghasilkan (TBM) karena *power spreader* yang ada sekarang belum bisa menaburkan pupuk di permukaan tanah di sekitar pokok (piringan pokok). Kalaupun dipaksakan maka pupuk berhamburan dan jatuh bertabrakan dengan pelepah daun.

Pelepah daun pada TBM masih rendah dan menutupi daerah piringan. Bahkan pupuk juga akan masuk ke dalam sela-sela ketiak pelepah.

Dari beberapa penjelasan di atas, penulis dapat menyampaikan bahwa mesin pemupuk kelapa sawit yang umumnya digunakan pada saat ini, masih kurang efektif untuk diterapkan pada sawit TBM. Sehingga diperlukan pengembangan desain yang mampu untuk menaburkan pupuk di piringan pokok sawit TBM. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem penabur pupuk NPK untuk kelapa sawit muda (TBM) dan menguji kinerjanya.

## Bahan dan Metode

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Februari 2014 sampai Februari 2015. Pembuatan prototipe dilaksanakan di bengkel Fadhel Teknik dan bengkel Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor. Pengujian mesin dilakukan di Laboratorium Lapangan Siswadi Soepardjo, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

### Alat dan Bahan

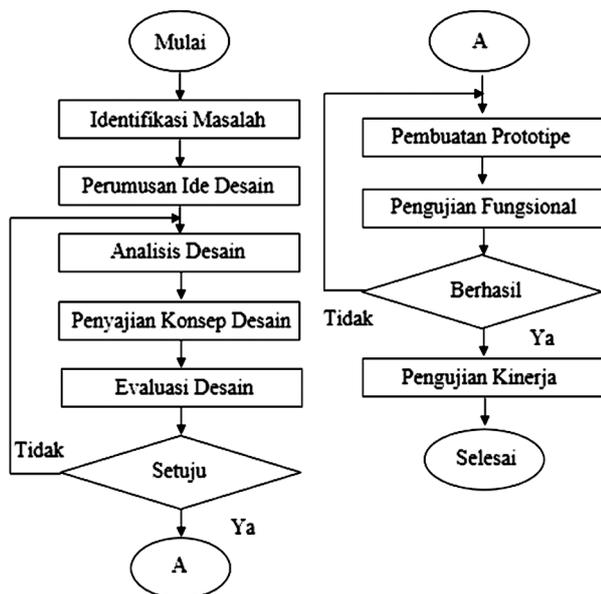
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari bahan konstruksi mesin untuk pembuatan mesin dan bahan untuk pengujian berupa pupuk NPK 15.15.15. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari alat yang dipergunakan untuk desain, pembuatan prototipe dan pengujian kinerja. Untuk mendukung analisis desain digunakan perangkat lunak *SolidWorks* 2011 khususnya untuk simulasi aliran udara dan pupuk dalam sistem pneumatiknya. Untuk pengukuran distribusi dan laju aplikasi pupuk digunakan peralatan: karpet berpola, meteran, timbangan digital, *tachometer* digital DT-1236, anemometer *Kanomax* A541 dan kamera digital.

### Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan secara umum terdiri dari: 1) identifikasi masalah, 2) perumusan ide desain, 3) evaluasi konsep desain, 4) analisis desain, 5) pembuatan prototipe, dan 6) uji kinerja mesin (Gambar 1).

### Analisis Desain

Mesin penabur pupuk ini didesain dengan kriteria: 1) dapat mengaplikasikan pupuk NPK dengan dosis 0.25, 0.75, 1.0, 1.25, dan 1.5 kg/tanaman, 2) kecepatan maju mesin 0.55 dan 1.7 m/s, 3) pupuk ditaburkan di sekitar tanaman sawit dalam radius 1.5 m, 4) tenaga putar dari sistem pneumatik menggunakan putaran *power take off* (PTO) traktor. Perancangan sistem pneumatik pada mesin pemupuk TBM harus mampu menghembuskan pupuk yang dijatahkan sehingga sampai pada



Gambar 1. Bagan alir tahapan penelitian.

Tabel 1. Hasil analisis desain fungsional.

No	Sub-fungsi	Komponen
1	Menampung pupuk	<i>Hopper</i>
2	Mengatur dosis keluaran pupuk	<i>Metering device</i>
3	Memutar <i>metering device</i> sesuai dosis	Motor listrik DC
4	Mereduksi putaran motor listrik	<i>Gearhead</i>
5	Mengontrol kecepatan putar dan lama penyalaan motor listrik	Sistem kendali
6	Menghembuskan pupuk keluar	<i>Blower</i>
7	Menyalurkan udara dan mengarahkan aliran pupuk	Pipa PVC dan kotak pencampur
8	Menyebarkan pupuk ke lahan	<i>Diffuser</i>
9	Mentransmisikan daya ke <i>blower</i>	Sabuk, puli dan poros

target di sekitar tanaman yang dipupuk. Perbedaan dosis pemupukan tanaman sawit TBM disesuaikan dengan keperluan pupuk sesuai umur tanam dari kelapa sawit tersebut.

Berdasarkan kriteria desain di atas, maka fungsi utama dari sistem pneumatik yang dikembangkan adalah menghembuskan pupuk granular NPK untuk tanaman sawit TBM yang ditanam pada sengkedan secara efektif dengan dosis bervariasi. Selanjutnya dirancanglah sub-fungsi dari mesin, dan dipilih komponennya, yang hasilnya seperti disajikan pada Tabel 1.

Kemudian dilakukan analisis struktural untuk bagian-bagian utama mesin, khususnya bagian sistem pneumatiknya. Desain keseluruhan mesin terdiri dari bagian *hopper* pupuk, penjatah pupuk (*metering device*), sistem penumatik, sistem transmisi daya dan sistem kendali. Bagian mesin berupa *hopper* dan penjatah pupuk telah dirancang oleh Irfansyah (2015). Bagian-bagian mesin pemupuk ditunjukkan pada Gambar 2.

Dengan kecepatan maju mesin 0.55 m/s dan 1.7 m/s, dan panjang daerah penaburan pupuk per tanaman 3 m (1.5 m sebelum dan sesudah

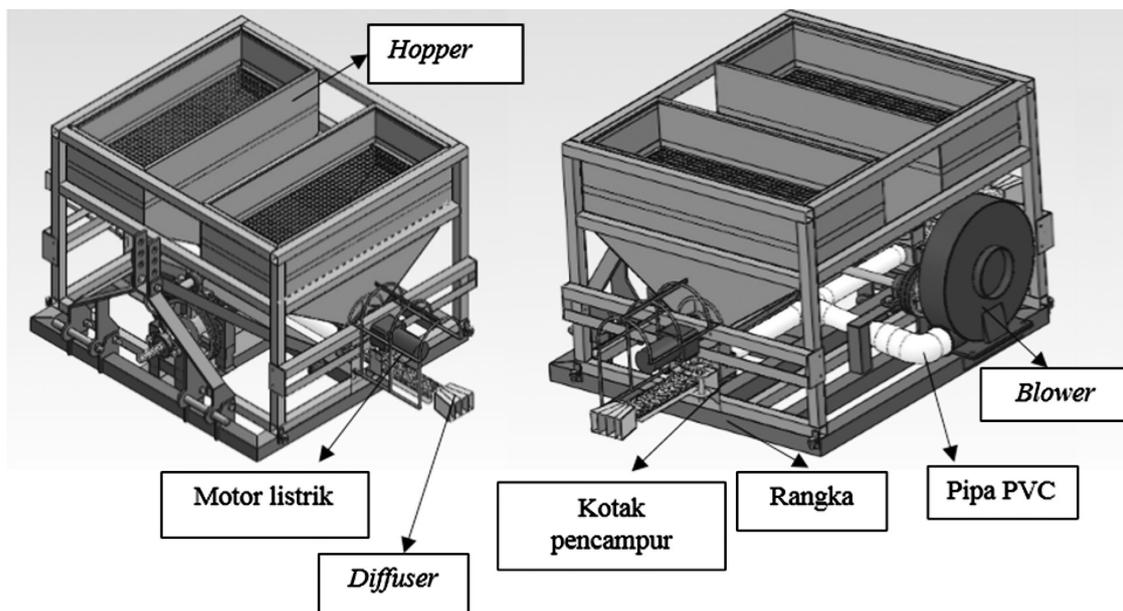
melewati tanaman), maka waktu pengeluaran pupuk per tanaman adalah 6 detik dan 2.8 detik masing-masing untuk kecepatan 0.55 m/s dan 1.7 m/s. Dengan menggunakan dosis tertinggi yaitu 1.5 kg/tanaman, maka debit pupuk yang harus dihembuskan adalah 0.23 kg/s dan 0.54 kg/s masing-masing untuk kecepatan 0.55 m/s dan 1.7 m/s.

Perhitungan kebutuhan daya dalam sistem penghembus menggunakan perhitungan penurunan tekanan total yang terjadi pada sistem seperti pada persamaan (1) (Srivastava *et al.* 1993).

$$\Delta P = \Delta P_L + \Delta P_a + \Delta P_s + \Delta P_g + \Delta P_b \quad (1)$$

Dalam hal ini:  $\Delta P$  = total *pressure drop* sistem (kPa),  $\Delta P_L$  = kehilangan tekanan di saluran akibat udara (kPa),  $\Delta P_a$  = *pressure drop* akibat percepatan partikel (kPa),  $\Delta P_s$  = *pressure drop* akibat gesekan padatan (kPa),  $\Delta P_g$  = *pressure drop* akibat pengangkatan vertikal (kPa),  $\Delta P_b$  = *pressure drop* di belokkan (kPa).

Untuk desain mesin dengan kecepatan maju 0.55 m/s, di mana debit pupuknya sebesar 0.23 kg/s



Gambar 2. Bagian-bagian mesin pemupuk.

maka dapat dihitung penurunan tekanan sebagai berikut. Data yang digunakan dalam perhitungan adalah: panjang total pipa lurus yang dibutuhkan 1.6 m, diameter pipa yang digunakan 0.0508 m, jumlah belokan 90° satu buah, cabang-T satu buah dan *bulk density* pupuk NPK adalah 1260 kg/m<sup>3</sup>. Dengan kecepatan pneumatik yang direkomendasikan sebesar 38 m/s (Srivastava et al. 1993). Kehilangan tekanan di saluran akibat udara ( $\Delta P_L$ ) sebesar 0.0526 kPa, *pressure drop* akibat percepatan partikel ( $\Delta P_a$ ) sebesar 5.605 kPa, *pressure drop* akibat gesekan padatan ( $\Delta P_s$ ) sebesar 0.0001 kPa, *pressure drop* akibat pengangkatan vertikal ( $\Delta P_g$ ) sebesar 0 kPa, *pressure drop* di belokkan ( $\Delta P_b$ ) sebesar 0.7124 kPa, maka penurunan tekanan dalam sistem pneumatik berdasarkan persamaan (1) adalah:

$$\Delta P = 0.0526 + 5.605 + 0.0001 + 0 + 0.7124 = 6.3701 \text{ kPa} \quad (2)$$

Selanjutnya daya *blower* yang dibutuhkan tergantung pada kecepatan aliran udara volumetrik dan total *pressure drop* sistem. Daya yang dibutuhkan dihitung dengan persamaan (3) dari udara standar.

$$P = \frac{\Delta P Q}{\eta_b} \quad (3)$$

$$P = \frac{6.3701 \times 0.0021}{0.7} = 0.71 \text{ kW} \quad (4)$$

Dalam persamaan (3): P adalah daya *blower* (kW), Q adalah kecepatan aliran volumetrik udara (m<sup>3</sup>/s),  $\eta_b$  adalah efisiensi *blower* (0.5-0.7).

Jadi, PTO dari traktor (*crawler type tractor*) harus memiliki daya yang lebih besar dari 0.71 kW untuk memutar *blower*.

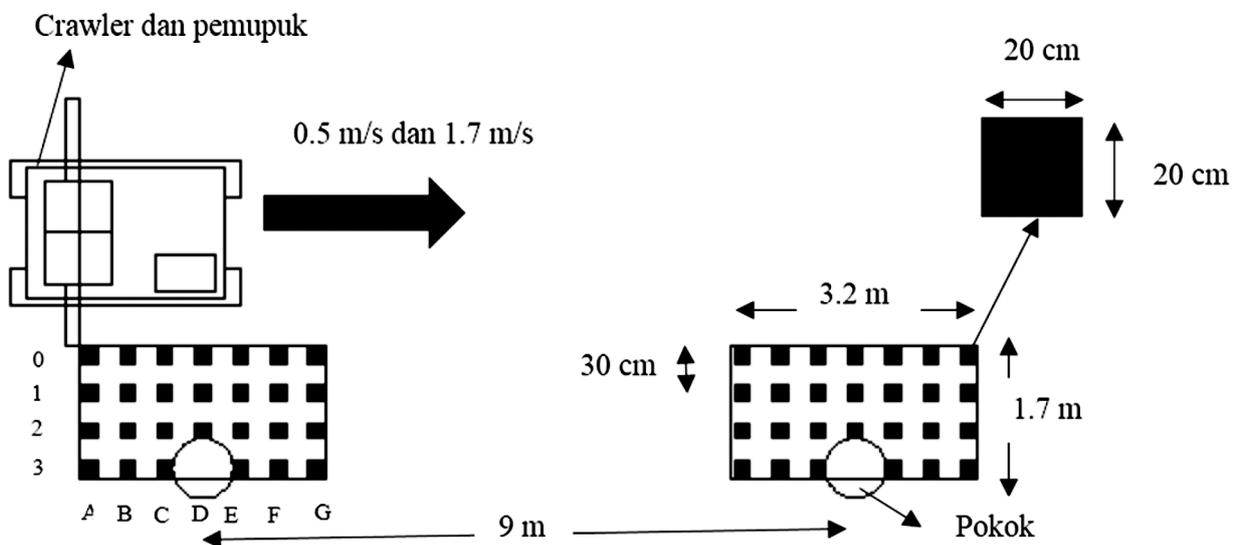
Untuk mengetahui kondisi aliran pupuk pada sistem pneumatik, dilakukan simulasi menggunakan aplikasi CFD (*Computational Fluids Dynamics*) pada perangkat lunak *SolidWorks* 2011. Bagian yang disimulasikan adalah bagian kotak pencampur

pupuk dan udara yang terletak di bagian bawah *hopper*. Bagian ini berfungsi untuk mencampur pupuk dengan aliran udara. Dengan ini butiran-butiran pupuk dihembuskan oleh aliran udara menuju ke *diffuser* yang selanjutnya dihembuskan ke permukaan lahan. Simulasi dilakukan karena pola pergerakan pupuk di dalam saluran sulit untuk diamati. Dalam simulasi ini, debit udara dari *blower* di-set 0.3375 m<sup>3</sup>/s sesuai dengan debit optimum yang dihasilkan *blower*, debit pupuk 0.23 kg/s, dan ukuran diameter butiran pupuk 4 mm.

### Metode Pengujian Kinerja

Sebelum dilakukan pengujian kinerja mesin, dilakukan pengamatan untuk mengetahui dan memastikan tiap-tiap bagian dapat berfungsi dengan baik. Sistem pneumatik dipasangkan dengan kelengkapan mesin pemupuk yang lainnya, lalu dipasang di atas traktor. Pengujian kinerja mesin dilakukan di lahan datar dengan perlakuan kecepatan maju 0.55 dan 1.7 m/s. Variasi dosis pemupukan yang akan diuji adalah 0.25, 0.75, 1.0, 1.25 dan 1.5 kg/tanaman. Untuk mengukur sebaran pupuk di permukaan yang ditargetkan, maka dipasang lapisan karpet di atas permukaan tanah. Pada karpet dibuat pola kotak-kotak pengamatan pupuk yang masing-masing berukuran 20 cm × 20 cm (Gambar 3). Jarak spasi antar kotak adalah 30 cm. Mesin dijalankan pada jalur sejajar pokok tanaman sedemikian rupa sehingga jarak ujung *diffuser* ke pokok 160 cm. Dalam pengujian, pupuk yang dikerluarkan dari *diffuser* akan tersebar di permukaan kotak-kotak pengamatan. Pupuk di setiap kotak pengamatan ditimbang, untuk diperoleh sebarannya.

Selain itu, dilakukan juga pengujian akurasi pengeluaran pupuk (dosis) tiap pokok tanaman dengan cara menampung pupuk yang keluar dari ujung *diffuser* menggunakan kantong plastik, dan ditimbang. Pengujian dilakukan tiga kali ulangan baik *diffuser* kanan maupun kiri, untuk setiap perlakuan.



Gambar 3. Skema pengukuran sebaran pemupukan.

Pengukuran dosis pemupukan dilakukan dalam dua kondisi yaitu: 1) secara statis (mesin tidak bergerak maju) dan 2) dinamis (mesin bergerak maju).

## Hasil dan Pembahasan

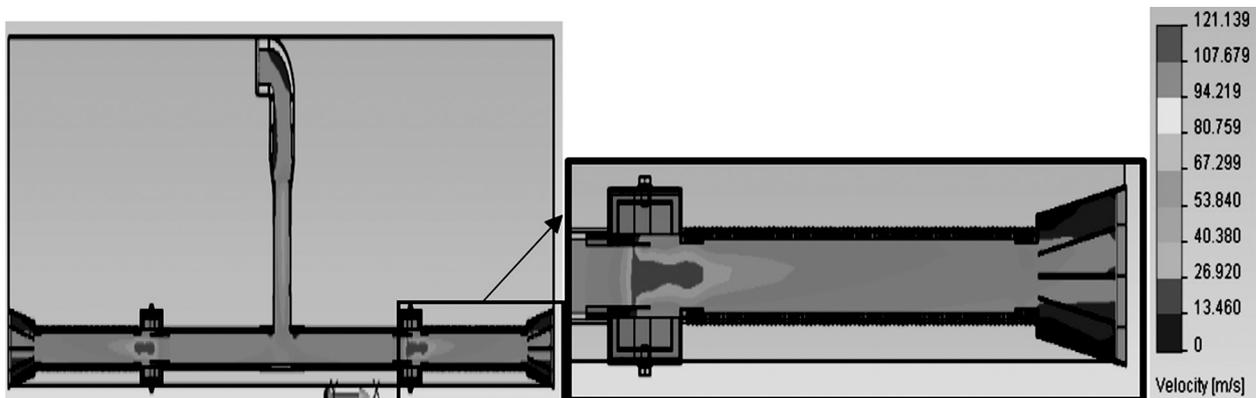
### Simulasi Aliran Udara Bertekanan dan Aliran Pupuk dalam Sistem Pneumatik

Hasil simulasi menunjukkan bahwa kecepatan aliran udara pada *inlet* kotak pencampur, bagian kiri berwarna biru muda seperti pada Gambar 4, yaitu sebesar 40.380 m/s. Hasil simulasi memberikan nilai kecepatan udara pada *outlet* kotak pencampur sebesar 53.840 m/s. Terjadi peningkatan kecepatan pada bagian tengah bawah kotak pencampur. Hal ini disebabkan adanya sirip pencampur yang menyebabkan perubahan ukuran saluran yang menjadi lebih kecil dari *inlet* kotak pencampur. Besarnya kecepatan pada bagian tengah bawah kotak pencampur adalah 80.759 sampai 121.139 m/s. Hasil simulasi aliran udara memperlihatkan bahwa kecepatan udara pada *inlet* dan *outlet diffuser* adalah 26.92 m/s dan 13.46 m/s. Kecepatan udara pada *outlet diffuser* kanan dan kiri adalah 12.8 m/s dan 12.2 m/s. Kecepatan udara pada *outlet diffuser* hasil simulasi dengan hasil pengukuran tidak jauh berbeda. Hal ini membuktikan bahwa sistem pneumatik dapat berfungsi sesuai dengan yang direncanakan.

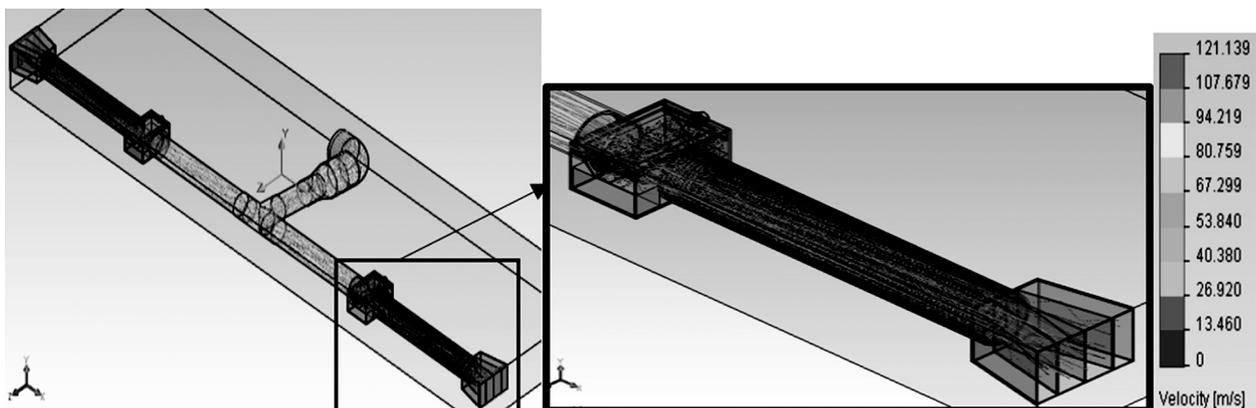
Sebaran pupuk dari kotak pencampur mencapai *diffuser* memanfaatkan aliran udara bertekanan yang dihasilkan *blower*. Dari pengukuran karakteristik pupuk NPK 15.15.15, diketahui ukuran diameter butiran pupuk 2.36 - 4.76 mm dari 82.56 % dari total massa pupuk yang diukur. Pupuk yang berdiameter 4 mm dan memiliki *bulk density* 1260 kg/m<sup>3</sup> relatif memiliki pengaruh aerodinamika karena luas permukaan yang besar. Semakin besar ataupun kasar permukaan butiran maka akan semakin besar efek aerodinamika yang bekerja pada butiran tersebut jika berada dalam aliran udara (Griff *et al.* 1997). Aliran pupuk dari kotak pencampur sampai *diffuser* telah disimulasikan dan hasilnya disajikan pada Gambar 5. Pada simulasi ini butiran pupuk memiliki kecepatan terbesar pada kotak pencampur bagian tengah bawah sebesar 80.759 m/s. Hal ini disebabkan oleh saluran aliran udara mengecil dengan adanya sirip pencampur. Pada bagian tengah atas kotak pencampur butiran pupuk memiliki kecepatan yang rendah karena aliran udara yang berasal dari *blower* terhalang oleh sirip pencampur. Namun, butiran pupuk tersebut mendapat gaya dorong yang berasal dari *metering device* sehingga tidak terjadi penumpukan pupuk di kotak pencampur.

### Sistem Pneumatik pada Prototipe Mesin Pemupuk dan Kinerjanya

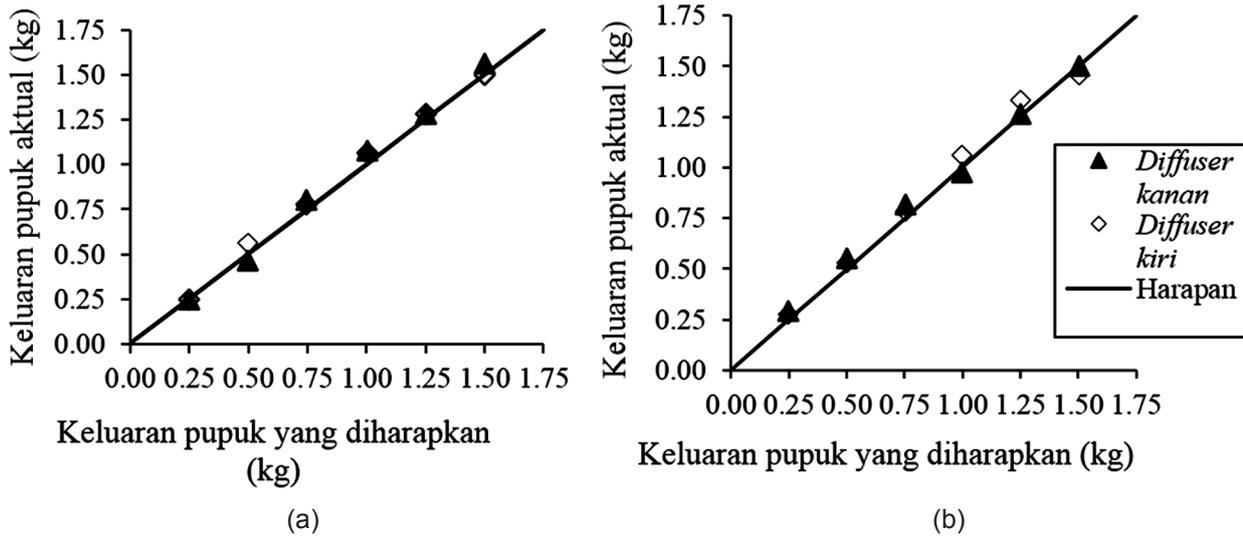
Sistem pneumatik yang digunakan adalah sistem



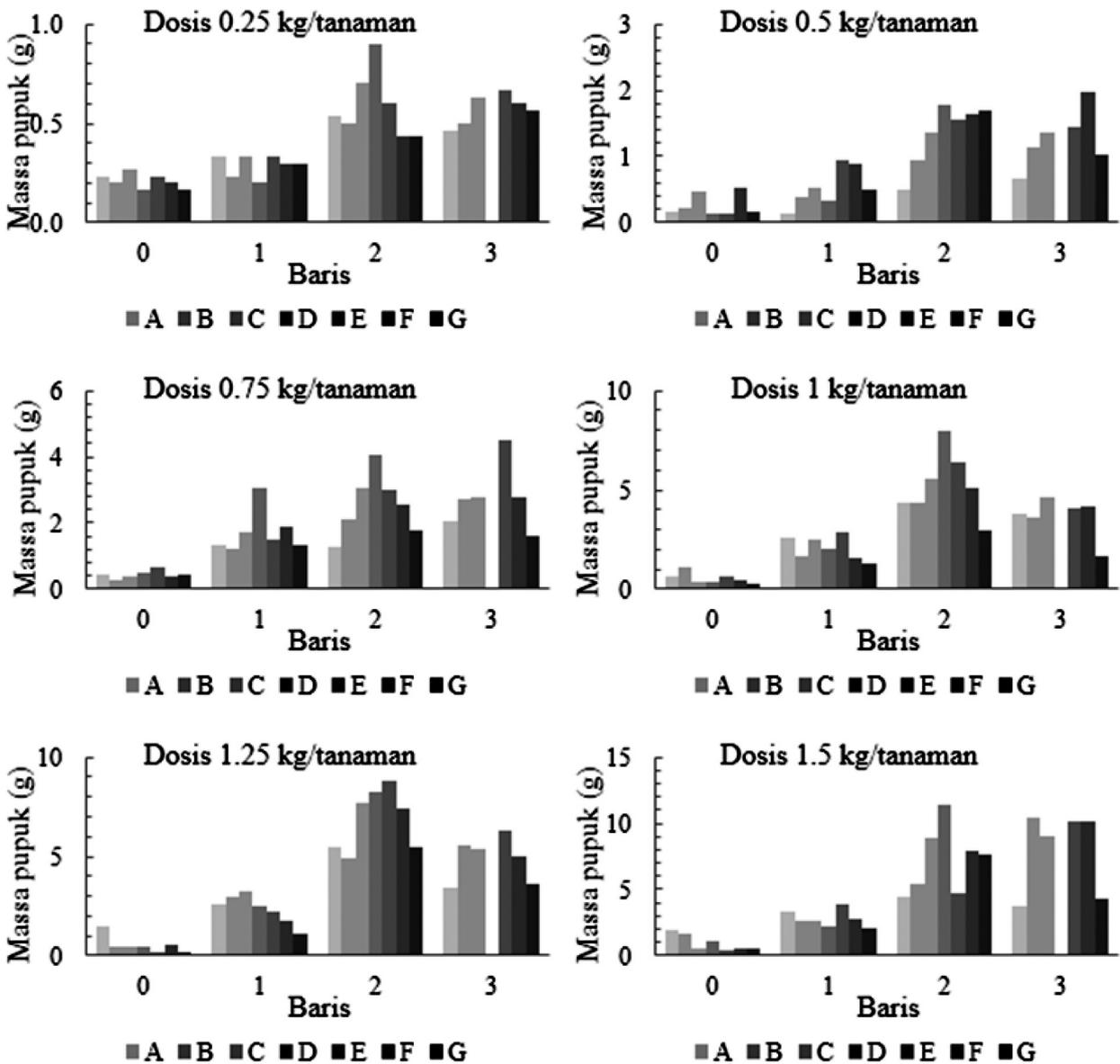
Gambar 4. Simulasi aliran udara di kotak pencampur sampai *diffuser*.



Gambar 5. Simulasi aliran pupuk di kotak pencampur sampai *diffuser*.



Gambar 6. Grafik hasil pengujian dosis pupuk (a) statis (b) dinamis.



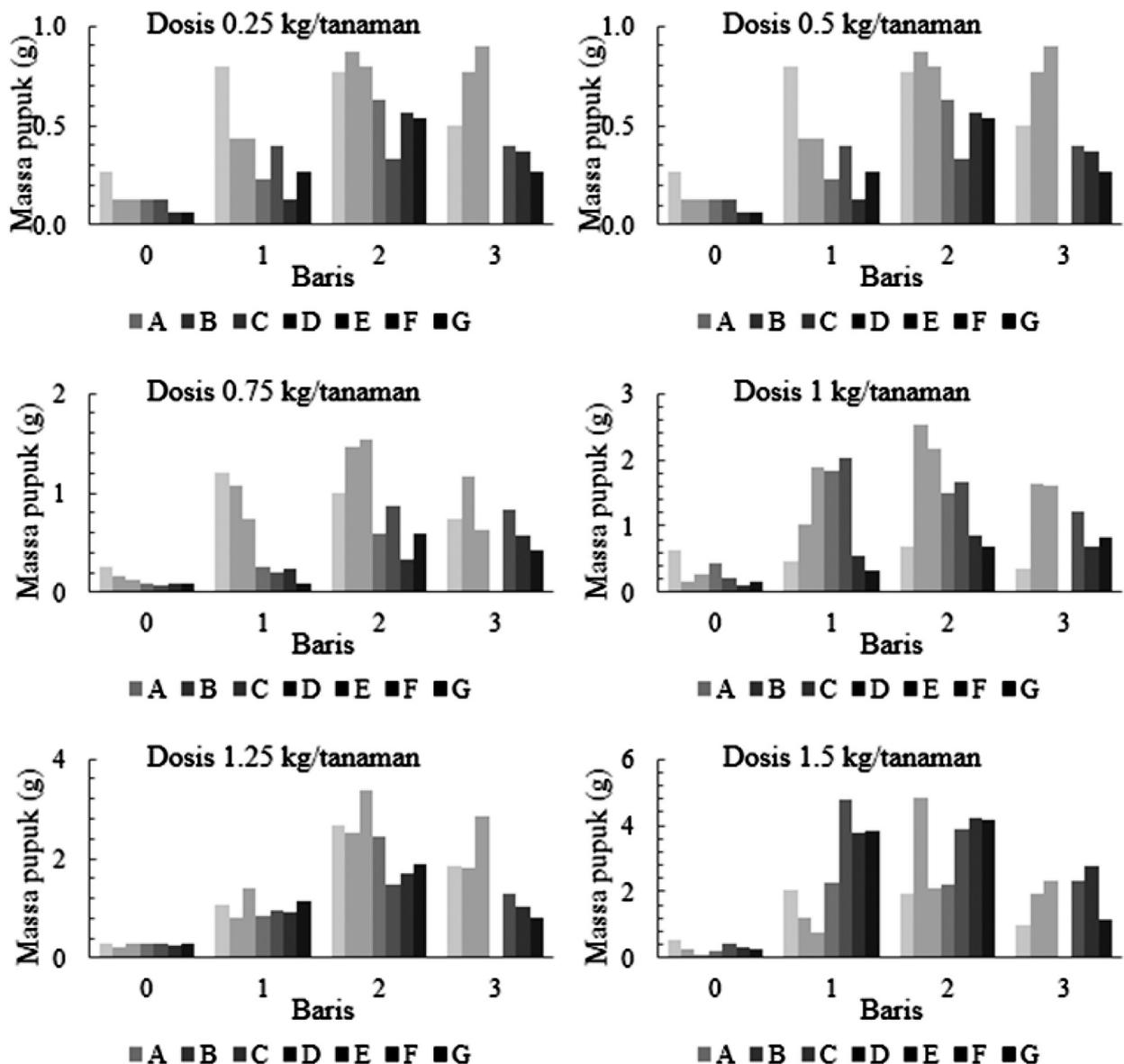
Gambar 7. Sebaran pupuk pada kecepatan maju mesin 0.55 m/s.

pneumatik positif (Srivastava *et al.* 1993). Sistem pneumatik pada prototipe mesin pemupuk berupa *blower*, saluran berupa pipa PVC dan aksesoris, kotak pencampur, pipa fleksibel dan *diffuser*. Sistem pneumatik ini menggunakan *blower* dengan spesifikasi *intermediate pressure blower* tipe CZR-750W. *Blower* ini telah mengakomodasi kebutuhan daya sistem pneumatik yaitu 0.71 kW karena *blower* dapat dioperasikan pada daya 0.75 kW dan menghasilkan debit sebesar  $\pm 0.3375 \text{ m}^3/\text{detik}$  pada kecepatan putar 3000 rpm. Karena kecepatan putar PTO yang tersedia 648 rpm (Aswin 2015), maka untuk meningkatkan kecepatannya digunakan sistem transmisi dua pasang sabuk-puli dan poros antara. Sistem sabuk-puli yang pertama memiliki ratio 1:3 dan yang kedua memiliki rasio 1:2. Tipe sabuk yang dipilih adalah tipe B ganda, sesuai dengan perhitungan penyaluran daya dan putaran, menggunakan diagram pemilihan sabuk-V (Sularso dan Suga 2004). *Blower* diletakkan pada

bagian belakang sebelah kanan dan mempunyai arah putar *blower* searah jarum jam jika dilihat dari belakang. Hal ini sama juga pada mesin pemupuk padi yang dirancang Kim *et al.* (2008) dan Gunawan *et al.* (2013).

Hasil pengujian akurasi penjatahan pupuk sebesar 99.16 % - 99.66 % menunjukkan bahwa mesin dapat menaburkan pupuk dengan akurat sesuai dosis yang di-set, baik pada pengujian statis maupun dinamis, seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Ada sedikit perbedaan antara keluaran yang diharapkan dengan keluaran pupuk aktual, yang disebabkan oleh kurang presisinya ukuran auger dari *metering device* akibat proses pabrikasi yang masih konvensional dan sederhana.

Pengujian sebaran dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8. Hasil analisis sebaran pupuk di permukaan target menunjukkan bahwa sebaran pupuk kurang merata. Pupuk lebih banyak tersebar di baris dua dan tiga, yaitu pada jarak 1 - 1.6 m



Gambar 8. Sebaran pupuk pada kecepatan maju mesin 1.7 m/s.

dari ujung *diffuser*. Hal ini terjadi karena lintasan pupuk dari *diffuser* sampai jadi ke lahan berbentuk setengah parabola. Dengan demikian jarak optimum jatuhnya pupuk dari *diffuser* adalah 1 m. Sebaiknya dibuat pengatur kemiringan di rangka penahan pipa fleksibel agar pupuk bisa tepat ditabur di piringan pokok tanaman. Selain itu juga, dari hasil pengujian terlihat bahwa pupuk lebih banyak tersebar pada kolom C, D dan E. Hal ini disebabkan oleh penjatahan pupuk pada mesin ini tidak kontinu hanya memupuk per tanaman sehingga pada awal saat memupuk hanya sedikit pupuk yang keluar dari *metering device*. Pada saat pertengahan pemupukan, pupuk yang keluar lebih banyak.

Pada kecepatan 0.55 m/s koefisien ragamnya bervariasi antara 0.47 (dosis 0.25 kg/tanaman) sampai 0.76 (dosis 1.5 kg/tanaman). Pada kecepatan 1.7 m/s koefisien ragamnya bervariasi antara 0.63 (dosis 0.5 kg/tanaman) sampai 0.77 (dosis 0.75 kg/tanaman). Hal ini menggambarkan penyebaran pupuk pada dosis yang kecil cenderung lebih seragam. Koefisien ragam dari kecepatan 0.55 m/s dan 1.7 m/s tidak jauh berbeda. Oleh sebab itu, mesin dapat dioperasikan dengan kecepatan 0.55 m/s dan 1.7 m/s.

### Simpulan

1. Desain sistem pneumatik pada mesin pemupuk dapat menebarkan pupuk di sekitar pokok tanaman sawit.
2. Daya yang dibutuhkan untuk menghembuskan pupuk adalah 0.71 kW.
3. Dosis pupuk yang dihembuskan oleh mesin sudah sesuai dengan yang dosis yang di-set.
4. Jarak optimum jatuhnya pupuk dari *diffuser* adalah 1 m.
5. Mesin pemupuk dapat dioperasikan pada kecepatan maju 0.55 m/s dan 1.7 m/s.

### Saran

Sebaiknya dibuat pengatur kemiringan di rangka penahan pipa fleksibel agar pupuk bisa tepat ditabur di piringan pokok tanaman dengan seragam.

### Daftar Pustaka

- Aswin, D.B. 2015. Rancangan konseptual mesin penggerak aplikator pupuk butiran dengan mekanisme pengangkat pelepah daun (skripsi). Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Fakultas Teknologi Pertanian. Bogor.
- Cunningham, F.M. dan E.Y.S. Chao. 1967. Design relationships for centrifugal fertilizer distributors. Transactions of the ASAE Vol. 10(1):91-95.
- Fauzi, Y., Y.E. Widyastuti, I. Satyawibawa, R.H. Paeru. 2012. Kelapa Sawit. Depok. Penebar Swadaya.
- Griff, T.E., J.T. Walker, J.E. Hofstee. 1997. Aerodynamic properties of individual fertilizer particles. American Society of Agriculture Engineers Vol. 40(1):13-20.
- Gunawan, P., R.P.A. Setiawan, IW. Astika. 2013. Pengembangan dan uji kinerja mesin pemupuk dosis variable pada budidaya padi sawah dengan konsep pertanian presisi. Jurnal Keteknik Pertanian Vol. 25(1):1-9.
- Irfansyah, D.A. 2015. Desain dan uji kinerja penjatah pupuk untuk mesin pemupukan kelapa sawit (skripsi). Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Fakultas Teknologi Pertanian. Bogor.
- Kim, Y.J., H.J. Kim, K.H. Ryu, J.Y. Rhee. 2008. Fertilizer application performance of a variable rate pneumatic granular applicator for rice production. Journal of Biosystems Engineering Vol. 100(2008):498-510.
- Ridawati. 2002. Pemupukan tanaman kelapa sawit *Elaeis guineensis* Jacq di PTPN VII unit usaha Betung Krawo Musi Banyuasin Sumatera Selatan (skripsi). Departemen agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian. Bogor.
- Srivastava, A.K., C.E. Goering, R.P. Rohrbach. 1993. Engineering Principles of Agricultural Machines. Michigan. American Society of Agriculture Engineers.
- Sularso dan K. Suga. 2004. Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Jakarta. Pradnya Paramita.